

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000085124 A

(43) Date of publication of application: 28.03.00

(51) Int. Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

H01L 41/09

H01L 41/187

H01L 41/22

(21) Application number: 10260085

(22) Date of filing: 14.09.98

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: JINNO ISAKU
TAKAYAMA RYOICHI
WATANABE OSAMU

(54) INK JET HEAD AND MANUFACTURE THEREOF

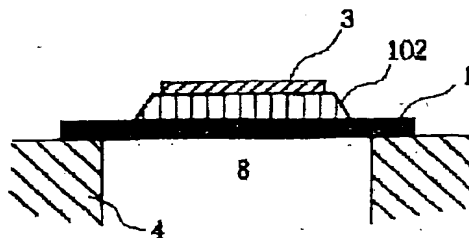
(57) Abstract.

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance various strengths at the actuator part by providing a piezoelectric element in which the actuator part has trapezoidal cross-section in the direction orthogonal to a piezoelectric element film, i.e., the oscillating direction of the actuator part, enlarged to the pressure chamber electrode side.

SOLUTION: A piezoelectric element 2 at the actuator part has trapezoidal cross-section in the direction orthogonal to the film face thereof, i.e., the oscillating direction of an actuator part, enlarged to the diaphragm/pressure chamber electrode 1 side. Consequently, the side face inclines against the film face of the diaphragm/pressure chamber electrode 1. Since the joint to the pressure chamber electrode 1 composed of a substance having high Young's modulus is not steep at the time of deformation incident to ink ejection, undue concentration of stress is prevented. Furthermore, stress generated at the side wall part due to some cause of production, or the like, can be dispersed.

According to the structure, various strengths can be enhanced at the actuator part including the pressure chamber electrode 1 and the counter-pressure chamber electrode 3.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-85124

(P2000-85124A)

(43) 公開日 平成12年3月28日 (2000.3.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J 3/04	1 0 3 A 2 C 0 5 7
	2/055	H 0 1 L 41/08	C
H 0 1 L	41/09	41/18	1 0 1 D
	41/187	41/22	Z
	41/22		

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-260085

(22) 出願日 平成10年9月14日 (1998.9.14)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 神野 伊策

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 ▲高▼山 良一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100101823

弁理士 大前 要

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェットヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

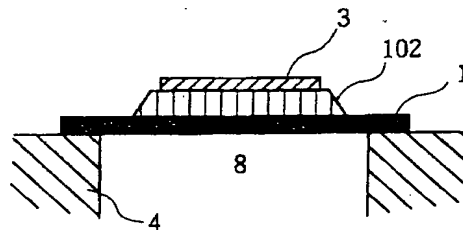
【課題】 インクジェットプリンタの圧力室を形成するアクチュエータ部の機械的強度、寿命の向上を図り、併せてそのための製造方法を提供する。

【解決手段】 1) 圧電素子の膜面に直行する断面を、圧力室方向へ適切な角度で拡がった台形とする。

2) 圧電素子の周囲に、それよりヤング率の低い物質からなる保護膜を設ける。

3) 圧電素子の断面の台形化（側壁面の傾斜化）にフッ酸と硝酸を含有した溶液での処理を行なう。

4) 圧電素子の膜面に直行する断面を、圧力室方向へ適切な角度で拡がった台形とし、併せてその周囲にそれよりヤング率の低い物質からなる保護膜を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧力室側の電極と、その膜面に直交する方向の断面が、前記圧力室側の電極側に広がった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極とを有していることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項2】 前記圧電素子は、断面の台形の斜辺の圧力室側電極に対する傾斜角が20度以上60度以下である適切傾斜角断面型圧電素子であることを特徴とする請求項1記載のインクジェットヘッド。

【請求項3】 前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に、該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜を有していることを特徴とする請求項1若しくは請求項2記載のインクジェットヘッド。

【請求項4】 前記保護膜は、そのヤング率が圧電素子の1/20以下1/50以上の物質からなる適切ヤング率保護膜であることを特徴とする請求項3記載のインクジェットヘッド。

【請求項5】 圧力室側の電極と、その膜面に直交する方向の断面が、前記圧力室側の電極側に120度から160度の範囲内で狭まった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極と、前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に存在しかつ該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜とを有していることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項6】 前記保護膜は、そのヤング率が圧電素子の1/20以下1/50以上の物質からなる適切ヤング率保護膜であることを特徴とする請求項5記載のインクジェットヘッド。

【請求項7】 圧力室側の電極と、その膜面に直交する方向の断面が圧力室側へ広がった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極若しくはこれらに加えて前記反圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の周囲に該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜を有しているインクジェットヘッドの製造方法であって、上記圧電素子の側面に傾斜をつけてその膜面に直交する方向の断面を圧力室側へ広がった台形にするために、フッ酸と硝酸を含有した溶液等の強酸で反圧力室側となる方向からエッチングすることにより、傾斜した側面を形成する強酸使用台形成型ステップを有していることを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項8】 圧力室側の共通電極と、その膜面に直交する方向の断面が圧力室側に120度から160度の範囲内で狭まった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極と、前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜を有しているインクジェットヘッドの製造方法で

あって、上記圧電素子の側面に傾斜をつけてその膜面に直交する方向の断面を台形にするために、フッ酸と硝酸を含有した溶液等の強酸でエッチングすることにより、傾斜した側面を形成する強酸使用台形成型ステップと、前記強酸使用台形成型ステップにて成形した断面が台形の圧電素子を、その狭まった方の辺に相当する面を転写若しくは接合により圧力室側の電極に付着させる台形反転ステップとを有していることを特徴とするインクジェットヘッドの製造方法。

【請求項9】 上記保護膜の材料として、ヤング率が、上記圧電素子の1/20以下1/50以上の物質を選定する保護膜物質選定ステップを有していることを特徴とする請求項7若しくは請求項8記載のインクジェットヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクジェットプリンタに関し、特にそのヘッドのアクチュエータ部の圧電素子の形状、構造及びそのための製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年のOAの発達のもと、インクジェットプリンタが広く事務所、家庭等にて使用されている。【0003】ところで、インクジェットプリンタに用いられるインクジェットヘッドには、近年の低騒音、高印字品位等の要求のもと、いくつかの方式が提案されているが、一般的には二つの方式に分けることができる。

【0004】第1の方式は、インク流路（インク室）の一部を圧電材料で形成する等し、その圧電材料に電気パルスを印加して圧電材料を変形させ、インク流路の一部を変形させ、ひいてはインク流路内に圧力パルスを発生させ、この圧力パルスによりノズルからインク滴を吐出させる方式である。

【0005】第2の方式は、インク流路内に発熱抵抗体を形成し、その発熱抵抗体に電気パルスを印加して発熱させ、インク流路内のインクを沸騰させ、ひいては蒸気バブルを発生させ、この蒸気バブルによりノズルからインク滴を吐出させる方式である。

【0006】本発明はそのうち第1の方式のインクジェットプリンタのうち、圧力室の一部を形成するアクチュエータと言われる部分を振動させて圧力室に圧力を発生させてインクを吐出させるタイプのものに関するため、以下、このタイプのインクジェットプリンタやこれに関する技術（ただし、本発明の都合で「従来の技術」欄に記載するものであり、その全てが公知とは限らない）を、図を参照しつつ少し詳しく説明する。

【0007】図2は、この方式のインクジェットプリンタのヘッドの1素子（アクチュエータ、インク室及びノズル部分等の一揃いからなるインクジェットヘッド）の振動方向そして印刷する紙面に直交する方向の基本的な断面を示したものである。

【0008】本図において、1は2 μ m程度の厚さのCr板(膜)からなる振動板兼圧力室側電極である。2は、チタン酸ジルコン酸鉛(以下、PZTと記載する)からなる圧電素子である。3は、0.1 μ m程度の厚さのPtからなる反圧力室側電極である。4は、200 μ m程度の厚さの感光性ガラスからなる圧力室部品である。5は、多数のSUS薄板を貼り合わせてなるインク流路部品である。6は、20 μ m程度の厚さのポリイミドからなるノズル板である。7は、ノズル孔である。8は、インクをノズルより吐出するための圧力の発生する圧力室(インク室)である。

【0009】以上の構成で、Cr製の振動板とPt製の電極とに所定のパルス状の電圧を加えると、PZTからなる圧電素子が面方向に収縮し、ひいてはアクチュエータ部がバイメタル効果で圧力室側へ凸出するように変形する。

【0010】そしてこれにより生じた圧力で、圧力室内の所定量のインクがインク流路部品内の突出用インク流路9を経由してノズル板に設けられたノズル9より外部(紙面上)へ突出し、紙面にドット状にインクが付着する。

【0011】更に、実際のインクジェットプリンタのヘッドにおいては、図3に上部から見た一例を示すが、多数のインクジェットヘッドの素子が所定のパターンで配列されており(ただし、図3では煩雑となるため、多数並行に配列された短冊上のインクジェットヘッドの素子のうち3個のみを示している。)、それらの素子が紙送りと連動したプログラムにのっとって、紙面上を主走査方向又は／及び副走査方向に動き、この際所定の位置で所定の素子がインクの吐出を行うことにより印字がなされる。

【0012】更にまた、例えばブラック、シアン、マゼンタ、イエローの各色彩のインクを吐出するインクジェットヘッドを装着して、専用のプログラムでインクの吐出を行う等することにより、文字のみならず絵等のカラー印刷もなされる。

【0013】次に、この従来例のインクジェットヘッドのアクチュエータ部を中心とした製造方法について、図4を参照しつつ説明する。

【0014】(a) SiO₂等のセラミックや感光性ガラス等からなる基板、振動板、圧力室部品等に、Cr製下部電極、PZTからなる圧電素子膜、Pt薄膜を順に(本図の如く感光性ガラス等からなる圧力室部品を兼ねた基板の場合には、下からこの順に)、いわゆる面一に形成する。

【0015】(b) ついで、Pt薄膜、PZTからなる圧電素子膜の不必要部分をレーザ、その他イオンや超音波等の機械的手段で除去して個別化し、各ノズル、圧力室に対応した上部電極、圧電素子にする。

【0016】そして更に、各部の結線等の必要な処理が

なされて、インクジェットヘッドが製造される。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら特に近年、更なる小型化、高性能化を目指して振動板や圧電素子等を微細(小型精密)加工しやすい薄膜として形成する事が試みられるようになってきているが、単に従来のアクチュエータ部の材質、形状、構造及びそのための製造方法やその延長の技術でそのようにするだけでは、微細化のためどうしても各部の各種強度が低下し、ひいては製品寿命の低下等が避けられない。

【0018】また、素子作成の際の生産性も低下しかねない。

【0019】このため、単に小型化や低コストそしてインク吐出量の制御性等が高性能となるのみならず、それらに充分対応して各部の強度等が優れ、また製造も容易なインクジェットヘッドが、そして更には小型、低コスト、製品寿命が長く、性能も優れたインクジェットプリンタの開発が望まれていた。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の課題に鑑みなされたものであり、インクジェットヘッドのアクチュエータ部、特に圧電素子部の形状や構造、更にはそのような形状や構造とするための製造方法に創意工夫をこらしたものである。

【0021】具体的には以下の構成としている。

【0022】請求項1記載の発明においては、原則として複数のアクチュエータ部のパターンに対応して設けられた圧力室側の電極と、圧電素子膜(アクチュエータ部の圧電素子を形成することとなるPZT膜)に直交する方向(従って、アクチュエータ部の振動方向、図2ではインクを吐出する方向)の断面が前記圧力室側の電極側に広がった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極とを有していることを特徴としている。

【0023】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0024】圧電素子は、断面が共通電極側に広がった台形であるため、インクの吐出に伴う変形時に、ヤング率の高い物質からなる圧力室側の電極との接合部が急でなく、ひいては過度の応力の集中が生じないこと、製造等何らかの理由で側壁部に生じた応力を面積が広がるため分散させることのため、各種強度が向上する。また、併せてアクチュエータ部(圧力室側の電極、反圧力室側の電極を含む。)の各種強度も向上する。

【0025】請求項2記載の発明においては、前記圧電素子は、その断面の台形の斜辺の圧力室側電極に対する傾斜角、あるいはその周囲側(壁)面が圧力室側電極に対すしてなす傾斜角が、20度以上60度以下である適切傾斜角断面型圧電素子であることを特徴としている。

【0026】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0027】圧電素子は、その断面の台形の斜辺の圧力室側共通電極に対する傾斜角が20度以上60度以下で

ある適切傾斜角断面型圧電素子であるため、アクチュエータ部の各種強度、そして製品寿命が向上するだけでなく、所定の電気パルスによるインク室側への突出、歪の量や応答性も、ひいてはインクの吐出量も適切なものとなる。

【0028】請求項3記載の発明においては、圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に該圧電素子よりもヤング率の低い物質、例えばポリイミド等、からなる保護膜を有していることを特徴としている。

【0029】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0030】保護膜は、製造時に過誤等何らかの原因で加わる機械的外力、異物から圧電素子を保護するだけでなく、製造方法によっては、製造時に個別化された圧電素子の上面（反地球側）に例えば（反）圧力室側電極用の薄い金属膜を形成、付設等する際に、個別化された圧電素子の頂面間から該膜材料が垂れ下ったり、そのような状態となるのを防止する。このため、圧力室側電極用の金属膜を形成する際に、薄いCr膜は個別化された圧電素子の上面から垂れ下らず平坦（平面）化され、振動時に2次的に無理な応力も発生しない。

【0031】また、そのヤング率が圧電素子よりも小さいため、インク吐出のための変形時に圧電素子に無理な力をかけないだけでなく、圧力室側電極と圧電素子側面部の機械的接続あるいは力の伝達を連続にして、圧電素子の周囲下部がCr等高強度の圧力室側電極から過度の応力を集中して受けるのを和らげる。

【0032】請求項4記載の発明においては、保護膜は、そのヤング率が圧電素子の $1/20$ 以下 $1/50$ 以上、好ましくは $1/25$ 以下 $1/40$ 以上、更に好ましくは $1/33$ 前後の物質からなる適切ヤング率保護膜であることを特徴としている。

【0033】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0034】適切ヤング率保護膜であるため、材料の選定に楽（例えばレジスト、ポリイミド等でよい）、しかも変形時に圧電素子周辺の圧力室側（下部）に加わる応力集中を一層緩らげる。

【0035】請求項5記載の発明においては、圧力室側の電極と、圧電素子膜に直交する方向の断面が前記圧力室側の電極側が 120 度から 160 度の範囲内で狭まった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極と、前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に存在する該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜とを有していることを特徴としている。

【0036】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0037】請求項3の発明と同じく保護膜が各種の技術的效果を発揮する。このため、圧電素子側面と圧力室側の電極との接合部が急（ 90 度以上の角度）であるにもかかわらず、圧電素子そしてアクチュエータ部の各種強度が向上する。

【0038】請求項6記載の発明においては、保護膜

は、そのヤング率が圧電素子の $1/20$ 以下 $1/50$ 以上、好ましくは $1/25$ 以下 $1/40$ 以上、更に好ましくは $1/33$ 前後の物質からなる適切ヤング率保護膜であることを特徴としている。

【0039】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0040】請求項4の発明と同様の作用がなされ、効果がえられる。

【0041】請求項7記載の発明においては、圧力室側の電極と、圧電素子膜に直交する方向の断面が圧力室側に拡がった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極若しくはこれらに加えて前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ前記圧電素子の周囲に該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜とを有しているインクジェットヘッドの製造方法であって、上記圧電素子の側面に傾斜をつけてその膜面に直交する方向の断面を圧力室側に拡がった台形にするために、フッ酸と硝酸を含有した溶液等の強酸で反圧力室側から、傾斜した側面をエッチングで溶融、処理して形成する強酸使用台形成ステップを有していることを特徴としている。

【0042】上記構成により、以下の作用がなされる。圧力室側の電極と、圧電素子膜に直交する方向の断面が圧力室側に拡がった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極若しくはこれらに加えて前記圧力室側の電極の反圧力室側かつ前記圧電素子の周囲に該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護層を有しているインクジェットヘッドの製造方法における強酸使用台形成ステップにて、圧電素子の側面に傾斜をつけてその圧電素子膜に直交する方向の断面を（圧電素子を圧力室部品等に取り付けた状態で）圧力室側に拡がった台形にするために、酸に強い等所定の性質を有するレジストをつけた圧電素子を、フッ酸と硝酸を含有した溶液等の強酸でレジスト間からエッチング処理にて溶融し、その側面に反マスク側ほど狭い傾斜をつける処理を行う。

【0043】しかる後、更に保護膜の形成等のステップを踏んでインクジェットヘッドが製造されることとなる。

【0044】請求項8記載の発明においては、圧力室側の電極と、その圧電素子膜の面に直交する方向の断面が圧力室側に 120 度から 160 度の範囲内で狭まった台形である圧電素子と、反圧力室側の電極と、圧力室側の電極の反圧力室側かつ圧電素子の外周部に該圧電素子よりもヤング率の低い物質からなる保護膜とを有しているインクジェットヘッドの製造方法であって、上記圧電素子の側面に傾斜をつけてその断面を台形にするために、（圧電素子が、圧力室側の電極に固着されていない状態で）フッ酸と硝酸を含有した溶液等の強酸で傾斜した側面をエッチングで形成する処理を行う強酸使用台形成ステップと、前記強酸使用台形成ステップにて成形した台形の圧電素子を、その狭まった方の面を転写若しくは接合により圧力室側の電極に付着させる台形反転ステ

ップとを有していることを特徴としている。

【0045】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0046】強酸使用台形成型ステップにて、請求項7の発明と同じ処理がなされる。

【0047】台形反転ステップにて、前記強酸使用台形成型ステップにて成型した台形の圧電素子を、その狭まった方の面を転写若しくは接合により圧力室側の電極に付着させる。

【0048】そしてこれにより、共通電極側が狭くなるよう側面が傾斜した形式で圧電素子が圧力室側の電極に接合される。

【0049】なお、これら両ステップの間若しくはその後、保護膜の形成ステップもなされることとなる。

【0050】請求項9記載の発明においては、保護膜の材料として、そのヤング率が、上記圧電素子の1/20以下1/50以上、好ましくは1/25以下1/40以上、更に好ましくは1/33前後の物質を選定する保護膜物質選定ステップを有していることを特徴としている。

【0051】上記構成により、以下の作用がなされる。

【0052】上記保護膜の材料として、保護膜物質選定ステップにて、そのヤング率が、上記圧電素子の1/20以下1/50以上の物質が選定され、この材料を側面が傾斜した圧電素子の周囲に塗布等することにより、保護膜が形成される。

【0053】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその実施の形態に基づいて説明する。

【0054】(第1実施例) 図1は、本発明に係るインクジェットヘッドのアクチュエータ部の第1実施例の構成を概念的に示したものである。

【0055】なお、本実施例のインクジェットヘッドのアクチュエータ部、特に圧電素子を除く各部は、基本的には図2に示すインクジェットヘッドの各部と異ならない。このため、本図1においても、それら各部は図2と同一の符号を付すことにより、その説明は省略する。

【0056】また、圧力室を形成するガラス板と振動板兼下部電極との接合等は本発明の趣旨に直接の関係はないこと、公知の技術が多数あること等のため、説明は省略する。

【0057】以下、本発明に関係の深い事項に絞って説明する。そしてこれらのことは、他の実施例でも同様である。

【0058】本図の1は、振動板兼圧力室側(下部)電極である。102は、圧電素子である。3は、反圧力室側(上部)の個別電極である。

【0059】本図に示す様に、本実施例のアクチュエータ部の圧電素子は、その膜面に直交する方向、そしてアクチュエータの振動する方向の断面が、振動板兼圧力室側電極側に拵がった台形である。またこのため、その側

(壁)部の面は、振動板兼圧力室側電極の膜面に対して傾斜をなす構造としている。

【0060】以下、この実施例のインクジェットヘッドのアクチュエータ部を中心とした製造方法について、この概略の製造手順を示した図5を参照しつつ説明する。

【0061】(a) 圧力室部品上に、下(圧力室側)から順にCr膜44、PZT膜43、Pt膜42が形成された状態のインクジェット部品の最上部のPt膜に、上部電極を圧力室のパターンに沿って個別化するため、レジストにて圧力室よりも少し狭いマスク51をかける。なおこの状態の圧力室部品の製造は、いわゆる周知技術であるため、その説明は省略する。更に、実際には例えばCr膜とPZT膜との接合性を改善するために両膜間に非常に薄い下地(媒介)膜が形成されたりするが、これらは本発明の趣旨に直接の関係はない。このため、それらについても図示や説明は省略する。

【0062】(b) (a)の状態、RIE(リアクティブ・イオン・エッチング)で、圧力室に対応した上部電極3の形成(個別化)を行なう。なお、この後、前述のレジストは除去される。

【0063】(c) 不必要な部分のPZTをエッチングで除去するため、上部電極の上面及び側面並びにPZT膜上面の上部電極外周部に少しはみ出した部分に、酸に強いレジスト52を塗布する。

【0064】(d) レジストの塗布されていない部分のPZT53を、強酸を使用したエッチングで除去する。

【0065】(e) 圧力室に対応して、上部電極及び側面が圧力室側に拵がって傾斜した圧電素子が形成される。

【0066】次に、図6を参照しつつ、この(d)と(e)での圧電素子の側壁面の傾斜化の内容について説明する。

【0067】本図6において、44は、圧力側電極となるCr膜である。43は、圧電素子となるPZT膜である。3は、上記(d)の段階では既に個別化された上部電極である。52は、レジストである。

【0068】そしてこのレジスト間のPZT膜面を、フッ酸と硝酸を含有した溶液にさらして、不必要なPZTを溶解、除去していく。

【0069】ところでこの際、本図の3本の等時刻浸食線にて示すごとく、液に曝される時間との関係であるいは反応の進行路との関係で、溶解、除去される部分は上部ほど広く、下部ほど狭くなる。

【0070】このため、圧電素子の側面は必然的に下方に拵がった形状となり、傾斜化されることとなる。(なお、現実には、圧電素子の断面は完全な台形でなく、例えば図7の(a)、(b)に示すように多少複雑な形状となっていることも多々ありうる。しかし、これらの場合には、傾斜角とは上下の水平面部近傍の狭い部分2

1、22を除外した傾斜側面中央の主要部分23の角をいうものとする。即ち、多少の均一性からのズレや凹凸は無視する。)

次に、この場合の強度について説明する。

【0071】表1に、側面の基板になす角度と寿命との関係の高速振動(100万Hz)試験結果を示す。ここに寿命は、3 μ mの厚みのPZT薄膜に50Vの電圧を加え、振動変位が初期値の80%となる振動回数とした。

【表1】

角度	10	20	30	40	50	60	70	80	90
寿命(億回)	110	105	95	87	81	77	55	51	52

【0072】本表1により、傾斜角度を90度より小さくすることでその寿命が増加し、特に60度以上から寿命が大きく増すことがわかる。(なお、これは厳密には実際の使用条件とは異なるが、経験及び技術常識より実際とそう大きな相違がないと言えるのは勿論である。)この理由であるが、図8の(a)に示すようにCr製振動板と圧電素子との接合が急(90度前後)であると、圧電素子の外周部の下部24は、振動時にCr製振動板から大きな引張力を受ける一方でその上面部25は収縮するため、大きな応力を受けることとなる。(なおこの際、上部電極は圧電素子に比較して非常に薄くしかもヤング率もCrより小さいPtやAgであるため、この影響は事実上無視しうるであろう。)

しかし、(b)に示すように側面が傾斜していると、外周部の下部はその上部が収縮するため受ける力は、距離Lが大となることもあり、比較的少なく、ひいては圧電素子全体に加わる力が緩やかとなること、幾何学的形状の変化も少なくなるため応力集中も少なくなるためのと思われる。

【0073】また、製造時における基板からの転写やスパッタリング、その他各膜相互の作用等にて、特に圧電素子の側面には大きな残留応力が存在したり、応力が発生したりしうるが、側面が傾斜することによりその面積が広いと、それらの応力を和らげることによるものと思われる。

【0074】この一方、傾斜角度を持たせた場合の振動の振幅の初期値は、傾斜角が90度より小さくなるほど小さくなる。

【0075】すなわち、実験では、90度の傾斜角での振幅と比較して、角度が20度までは振幅の低下が20%以下であったが、角度が10度となった場合には、振幅が約55%まで低下した。

【0076】この理由であるが、図9に示すように、Cr製振動板に比較して圧電素子が薄く、またその上部に電極が存在しないためパイメタル効果に(あまり)寄与しないと思われる側面の傾斜部の下部が広いだけ振動板の振動が邪魔されるからと思われる。

【0077】また、圧力室の側壁部のCr製振動板は側壁に拘束されるためそう変形しないあるいは変形しにくいであろうし、この部分に圧電素子が存在しても、そう大きな意味もない。

【0078】以上の結果、大きな振幅がとれると共に寿命が増加するためには、20~60度の範囲で側面を傾斜させることが有効であるのが判明した。

【0079】(第2実施例)以下、本発明をその第2実施例に基づいて説明する。

10 【0080】本実施例は、基本的には先の第1実施例と同じである。ただし、圧電素子の側壁面に、図10に示すように加工した圧電薄膜の周囲を圧電薄膜よりヤング率の低い、つまり剛性の小さい保護用物質の膜、例えばポリイミド樹脂の膜11が存在するのが相違する。

【0081】なお、このアクチュエータ部は、図5の(e)に示す状態で、その断面が台形の状態で個別化されて形成された圧電素子間のスペースをスピンコートによりポリイミド樹脂で充たすことにより製造される。

20 【0082】そして、これにより、製造時等における何らかの原因による異物の接触などの際に圧電素子を機械的、物理的に保護する。

【0083】また、アクチュエータの強度を向上させて製品寿命を延ばすことができるのも判明した。その試験結果を、表2に示す。なお、試験条件は先の第1実施例と同じである。

【表2】

角度	10	20	30	40	50	60	70	80	90
寿命(億回)	110	105	102	93	88	85	60	58	52

30 【0084】その理由であるが、図11に示すようにアクチュエータ部が歪んだ際に、PZT側壁部の上部、中部を介してその収縮や応力fをCr振動板の外周部に伝え、これにより側壁部の下部等に生じる大きな応力を緩和することが寄与するものと思われる。

【0085】また、振動に伴いCr振動板から突発的な応力を受けたり、内部で突発的な応力が発生したりするが、Cr振動板や他の圧電素子と連続させることにより、これらの力を緩和するためとも思われる。

40 【0086】さらにこれらの作用の際、圧電素子の側壁が傾斜しているため接触面積もそれだけ増加し、これが無理のない収縮や応力の伝達に都合よく作用するものと思われる。

【0087】なお、本実施例では、図に示すように圧電素子の外周部近くの上面にまでポリイミド樹脂が塗布されているが、異物の接触防止及び接触面積の増加という面からは好ましいのは勿論である。

50 【0088】なおまた、このポリイミド樹脂は、そのヤング率がPZTの約 1×10^{11} N/m² に対して約 3×10^9 N/m² と1/33であるため、アクチュエータの振動に悪影響を及ぼさないのは勿論である。

【0089】更に、厳密に $1/3$ あるいはその前後（ ± 5 パーセント）でなくても、大凡その $2/3 \sim 3/2$ （ $1/20$ 以下 $1/50$ 以上）の範囲内、より確実にはその $3/4 \sim 4/3$ （ $1/25$ 以下 $1/40$ 以上）の範囲内であれば、アクチュエータの振動に悪影響を及ぼさずしかも保護効果を得られるようである。

【0090】（第3実施例）以下、本発明を、その第3実施例に基づいて説明する。

【0091】本実施例においては、断面が台形の圧電素子を、長辺が上、短辺が下（圧力室側）と、言わば上下逆向きにしているのが第1、第2実施例と相違する。

【0092】図12に示す様に、圧電素子1021は、その側壁面の傾斜角が90度以上、つまり圧力室側の面が反圧力室側の面よりも小さい（狭い）。そしてこの場合でも、下部電極膜上の圧電素子間のスペースをポリイミド樹脂で充たすと、強度や製品寿命等の向上について、先の第2実施例と同様の効果が見られた。

【0093】特に、側壁面のなす角度が120度から160度の範囲内で周囲をポリイミド樹脂で埋めることによって圧電素子のダメージを防止し、良好な振動特性及び寿命を得ることができた。

【0094】その試験結果を、表3に示す。なお、試験条件は先の第1、第2実施例と同じである。

【表3】

角度	100	110	120	130	140	150	160	170	180
寿命(億回)	51	52	68	72	78	83	93	100	120

【0095】この理由であるが、第2実施例と同じくポリイミド樹脂が圧電素子の上、中部の大きな収縮をCr振動板に円滑に伝えるためと思われる。

【0096】なお、現行のプロセスでは、側面の傾斜を90度以上とするのは容易でないため、一旦20～60度までの角度を持って微細加工したものを圧力室側に転写、接合することによって製造した。

【0097】以下、この概略の製造方法について、図13を参照しつつ説明する。

【0098】（a） まず、MgO基板41全面へ、スパッタリング等にてPt薄膜42を上部（反圧力室側）電極形成用に付着させる。

【0099】（b） エッチング等により、MgO基板上のPt薄膜を圧力室パターンに従って個別化して上部電極3を形成する。

【0100】（c） MgO基板そしてその上の上部電極の全面に、スパッタリング等によりPZT膜層43を付着させる。

【0101】（d） MgO基板41上に形成されたPZT膜43に圧力室パターンに沿ってのレジスト52を塗りエッチングすることにより、圧電素子102の個別化をなしつつその側面に傾斜をつける。

【0102】（e） 個別化され側面に傾斜をつけられ

た圧電素子間のスペース及び上部個別電極間にポリイミド樹脂11を、スピンコートにて充填する。

【0103】（f） この状態で、Cr膜44の形成された感光性ガラス4に、そのCr膜に圧電素子とポリイミド樹脂を向き合わせてMgO基板ごと固着する。この後、MgO基板を熱磷酸で溶融して除去する。

【0104】（従って、この場合には、ポリイミド樹脂は、上部電極に面一になる。）しかる後、紫外線露光機による露光後、3% HF液で溶融、除去して感光性ガラスの圧力室に相当する部分を除去する等の処理がなし、最終的にプリンタヘッドを完成した。

【0105】以上、本発明をその実施の形態、実施例に基づいて説明してきたが、本発明は何もこれらに限定されるものでないのは勿論である。

【0106】すなわち、例えば以下のようにしてもよい。

【0107】1） 振動板兼下部電極をTiにより製造する等、各部を実施例等と異なる材質としている。

【0108】あるいはまた、セラミック製振動板に下部電極を形成する等、各部を実施例等と異なる構造としている。

【0109】2） 振動板兼下部電極を各圧力室ごとに個別化して、相互に振動に伴う歪みや応力が無関係となるようにしている。

【0110】3） 上部個別電極は圧電素子より小面積でなく、同じ面積としている。

【0111】また、その側部を傾斜させたり、薄い膜面の隅角部に丸みをつけたりしている。

【0112】4） 同じく、他の製造方法や溶液を使用したりして製造（形成）している。

【0113】5） 寸法等は、インクジェットヘッドを採用するプリンタの用途等に応じてより大あるいは小としている。

【0114】同じく、各部の膜厚もそれらの材質等に応じて適宜実施例と別としている。

【0115】6） 第3実施例において、（e）の処理の後、ポリイミド樹脂とPZTとで平滑となった面にCr膜をスパッタリングや接着にて形成する。すなわち、他の製造方法としている。

【0116】

【発明の効果】以上説明してきたように、本説明によれば圧電素子の形状やポリイミド樹脂膜の存在により、単に強度、寿命（耐疲労）に優れた圧電素子を、ひいてはインクジェットヘッドを提供しうるだけでなく、小型駆動やインク吐出量の制御が容易、低電力消費、低騒音の圧電／電歪素子、インクジェットヘッドを、ひいてはプリンタを提供しうる。

【0117】そしてまた、当然、安価となる圧電素子、インクジェットヘッドひいてはプリンタを提供しうる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る圧電素子の第1実施例において、その断面が台形をしているのを概念的に示す図である。

【図2】 従来技術に係るインクジェットヘッドの圧力室と圧電素子部を中心とした構成図である。

【図3】 インクジェットヘッドに素子がパターン化されて多数配列されている様子の1例を示す図である。

【図4】 従来技術に係るインクジェットヘッドの製造方法を示す図である。

【図5】 本発明に係るインクジェットヘッドの第1実施例の製造方法を示す図である。

【図6】 本発明に係るインクジェットヘッドの第1実施例の製造方法において、圧電素子の周囲側壁面に傾斜をつけるための処理の原理を示す図である。

【図7】 圧電素子の周囲側壁の傾斜角の内容を示す図である。

【図8】 周囲側壁の傾斜角の存在が、圧電素子やアクチュエータの強度を向上させる理由を説明するための図である。

【図9】 周囲側壁の傾斜角の存在が、アクチュエータの振動特性に影響を及ぼす理由を説明するための図である。

【図10】 本発明に係る圧電素子の第2実施例において、その周囲を保護膜でとりまかれている様子を概念的に示す図である。

【図11】 上記実施例において、保護膜が圧電素子とCr振動板間の歪み、応力の伝達をしている様子を概念的に示す図である。

*

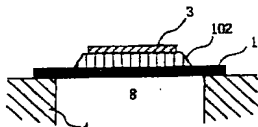
*【図12】 本発明に係る圧電素子の第3実施例において、その断面が逆台形の圧電素子と、その周囲にある保護膜を概念的に示した図である。

【図13】 上記実施例のインクジェットヘッドの概略の製造方法を示す図である。

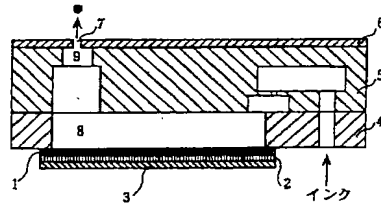
【符合の説明】

- 1 振動板兼圧力室側電極
- 2 圧電素子
- 3 個別化された反圧力室側電極
- 4 圧力室部品
- 5 インク流路部品
- 6 ノズル板
- 7 ノズル孔
- 8 圧力室（インク室）
- 9 インク流路
- 11 ポリイミド樹脂膜
- 31 基板
- 32 インクジェットヘッドの素子
- 41 MgO基板
- 42 Pt膜
- 43 PZT膜
- 44 Cr膜
- 51 マスク
- 52 レジスト
- 53 PZT膜のうち取り去られる部分
- 102 本発明に係る圧電素子
- 1021 本発明に係る圧電素子

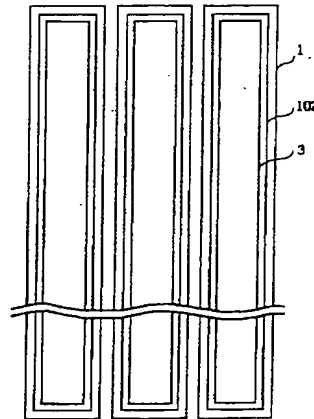
【図1】



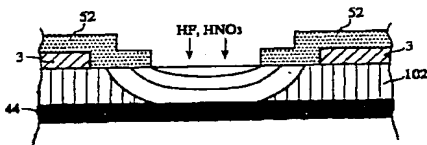
【図2】



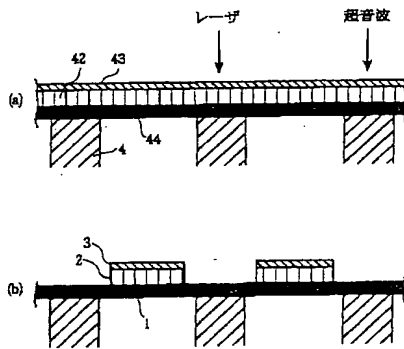
【図3】



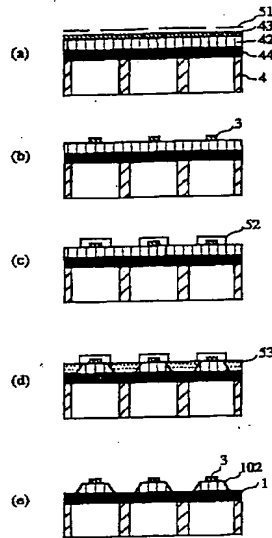
【図6】



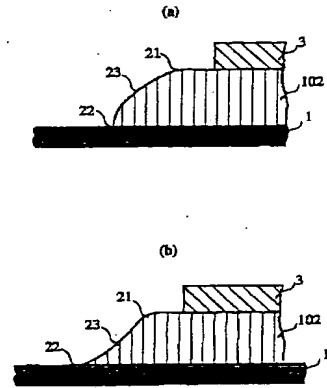
【図 4】



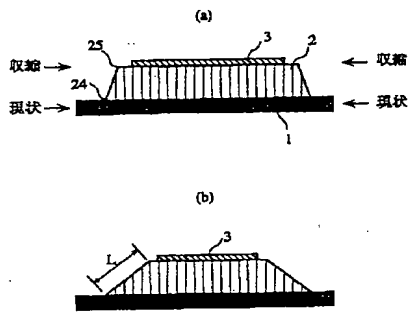
【図 5】



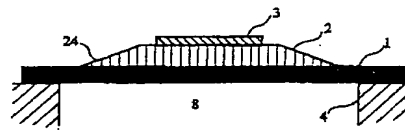
【図 7】



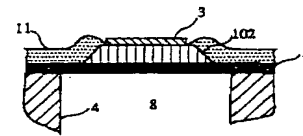
【図 8】



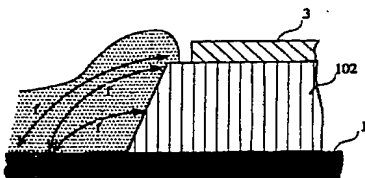
【図 9】



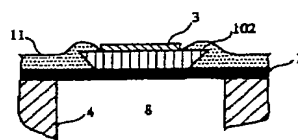
【図 10】



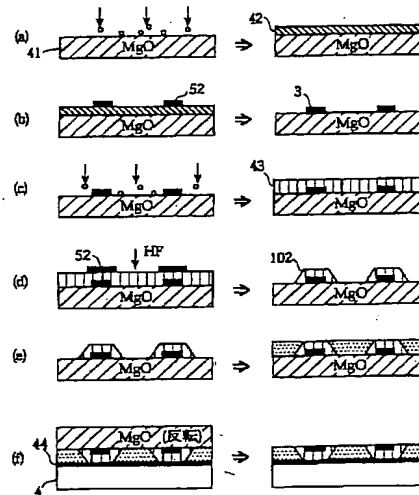
【図 11】



【図 12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 修
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F ターム(参考) 2C057 AF23 AF65 AF91 AF93 AG38
AG44 AG90 AG92 AG93 AP02
APS2 AQ01 BA04 BA14